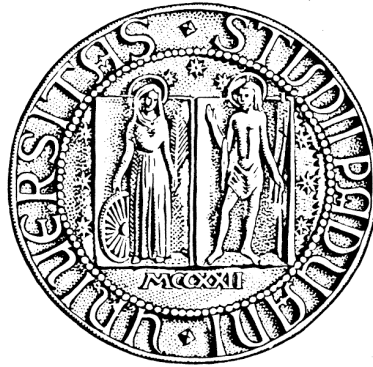


Università degli Studi di Padova



Facoltà di Ingegneria Dipartimento di tecnica e gestione dei sistemi industriali

Tesi di Laurea di Primo Livello

STUDIO DELLA LINEA DI ASSEMBLAGGIO

(CASO KASTEL s.r.l.)

Relatore: Prof. A. Persona

Laureando: Matteo De Giacinto

Anno accademico 2010/2011

Indice

1	Introduzione	5
1.1	L'azienda	5
1.2	I prodotti	6
1.3	La tesi	6
2	La tecnologia del ghiaccio	8
2.1	Il cubetto pieno	8
2.2	Il cubetto vuoto	9
2.3	Il ghiaccio granulare	9
3	Previsione della domanda	10
3.1	Recupero dei dati sensibili	11
3.2	Analisi dei dati raccolti	17
3.3	Previsioni	18
3.3.1	Singolo smorzamento esponenziale	18
3.3.2	Proiezione della parte simmetrica	22
4	Situazione attuale	28
4.1	La linea di assemblaggio	28
4.1.1	Fabbricatore KP	29
4.1.2	Fabbricatore SP	30
4.1.3	Fabbricatore KV	31
4.2	Come si lavora	31

<i>INDICE</i>	4
5 Studio dell'alternativa	34
5.1 Prodotto fittizio	34
5.2 Dimensionamento della linea	36
5.3 Prima proposta	37
5.4 Seconda proposta	39
5.4.1 Alternativamente...	40
5.5 Terza proposta	41
6 Conclusione	44

Capitolo 1

Introduzione

1.1 L'azienda

Nata nel 1999, per due anni ha commercializzato macchine costruite da altre aziende. La produzione interna è iniziata nel 2001 specializzandosi sulla fabbricazione di macchine per il ghiaccio a cubetto pieno con sistema a spruzzo.

Situata nella cittadina di Castelfranco Veneto, Kastel è un'azienda fondata da imprenditori locali con una lunga esperienza nella fabbricazione di apparecchi professionali per la produzione e lo stoccaggio del ghiaccio.

Partendo, come tutte le piccole-medie imprese, il un contesto locale, oggi Kastel esporta i suoi prodotti in tutti i Paesi dell'area mediterranea e si affaccia anche al mercato inglese e arabo; questa rapida espansione è stata garantita dall'impiego di materiali di qualità e dal rigoroso assemblaggio Made in Italy.



Figura 1.1: Logo Kastel s.r.l.

1.2 I prodotti

Da quando, nel 2001, Kastel ha iniziato la produzione in proprio dei fabbricatori, la sua gamma di prodotti si è estesa dalla produzione di ghiaccio a cubetti pieni a quella a cubetti vuoti e granulare, con portate da 20 a 1000 Kg al giorno.

Nonostante questi anni di crisi internazionale, la salute della Kastel è rimasta buona e ciò lo si nota anche dal fatto che, alle soglie del 2011, essa si presenta al mercato con due nuovi prodotti, il cubetto pieno quadrato e il ghiaccio a scaglia piatta.

Essenzialmente la produzione Kastel si divide in due grandi categorie:

- macchine raffreddate ad aria (A);
- macchine raffreddate ad acqua (W).

Dopo di che ogni categoria è a sua volta divisa in più famiglie:

- cubetto pieno (KP);
- cubetto pieno (SP) per il mercato spagnolo;
- cubetto vuoto (KV);
- cubetto quadrato (KQ);
- scaglie piatte (KF);
- ghiaccio granulare (KS).

Quest'ultima famiglia di macchine ultimamente ha conosciuto un forte incremento anche grazie alla crescente moda all'interno di bar e discoteche dei cocktail caraibici i quali impongono il ghiaccio cosiddetto "tritato". Proprio per sopperire a tale sviluppo è stata creata una linea di macchine dette "da magazzino" capaci di grandi quantità produttive. Tali fabbricatori sono l'ideale anche per l'industria alimentare, basti pensare a tutta la filiera del pesce.

Nonostante ciò, però, il punto di forza di Kastel è ancora in cubetto pieno ed è su tale prodotto che concentreremo l'attenzione nelle prossime pagine; inoltre i fabbricatori KF e KQ, essendo entrati da poco nei listini, faranno delle comparse sporadiche e poco rilevanti.

1.3 La tesi

Negli ultimi anni, con l'avvento della globalizzazione e l'abbattimento dei confini nazionali, la concorrenza aziendale si è fatta agguerrita e di conseguenza è sorta la necessità per ogni realtà industriale, soprattutto per

quelle più piccole, di diminuire il più possibile i costi, pur offrendo un prodotto di alta qualità e un elevato servizio ai clienti. Tale risultato si può raggiungere in vari modi, secondo le disponibilità economiche e le esigenze dell'azienda. Questa tesi ha l'obiettivo di implementare una tecnica che, attraverso l'analisi della linea di assemblaggio di una realtà industriale, e nel caso specifico della società Kastel s.r.l., metta in luce il punto o i punti critici della linea, e di conseguenza permetta di formulare delle ipotesi per risolvere tale o tali problematiche. Questa analisi cerca di essere il più reale possibile e non sconvolge il layout attuale dell'azienda e propone delle semplici modifiche per rendere la quantità di lavoro degli operai più efficace ed efficiente.

La tesi si svilupperà essenzialmente in due parti: la prima che tratterà la previsione nel breve termine della domanda dei dieci prodotti più venduti nel 2010 e della domanda totale; la seconda che riguarderà più la parte della linea di assemblaggio con la ridistribuzione, in base alle previsioni future, del carico di lavoro nella linea.

Capitolo 2

La tecnologia del ghiaccio

Il seguente paragrafo non è altro che una breve descrizione sulle tecniche di fabbricazione dei tre tipi di ghiaccio maggiormente commercializzati da Kastel.

Un fabbricatore di ghiaccio è composto da tre elementi fondamentali:

l'evaporatore è quell'elemento che subisce le azioni di raffreddamento e riscaldamento da parte del circuito refrigerante e dove avviene la vera e propria formazione del ghiaccio;

compressore è la componente principale del circuito refrigerante e permette ad esso di raffreddare o riscaldare l'evaporatore;

alimentazione direttamente collegata al sistema idrico esterno, comprende la pompa dell'acqua e gli ugelli.

2.1 Il cubetto pieno

L'evaporatore orizzontale a spruzzo è formato da scodelline di rame tronconiche rivolte verso il basso. Dopo averlo portato ad una temperatura di -30°C , una pompa spruzza dell'acqua all'interno delle scodelle dove si forma il ghiaccio. Lo stesso evaporatore viene poi riscaldato fino a 30°C così che il ghiaccio aderente all'evaporatore si sciogla e permetta così al cubetto di cadere nella vasca.



Figura 2.1: Cubetto pieno.

2.2 Il cubetto vuoto

In queste macchine l'evaporatore è formato da peduncoli immersi in una vaschetta d'acqua. Il suo procedimento di raffreddamento/riscaldamento è lo stesso delle macchine a cubetto pieno, ma in questo caso l'acqua non viene spruzzata.

Per mantenere il cubetto il più limpido possibile sono state aggiunte delle palette che tengono l'acqua in movimento all'interno della vaschetta.



Figura 2.2: Cubetto vuoto.

2.3 Il ghiaccio granulare

Per la produzione di ghiaccio granulare si utilizza un evaporatore cilindrico immerso in acqua. All'interno di esso ruota una coclea che raschia il ghiaccio che si forma sulle sue pareti.

Grazie a tale sistema il ghiaccio prodotto è molto più umido dei precedenti, ma la sua produzione è continua.

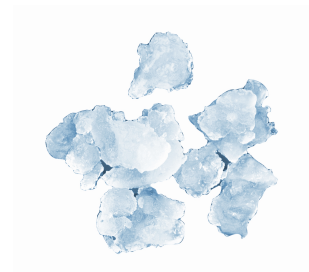


Figura 2.3: Granulare.

Capitolo 3

Previsione della domanda

La previsione della domanda di mercato è il punto di partenza per lo studio di fattibilità di un impianto, sia esso una nuova linea di assemblaggio o di produzione, sia per quanto riguarda qualsiasi forma di investimento all'interno di una realtà imprenditoriale.

Esistono diversi metodi previsionali in base al metodo di individuazione dei dati sensibili:

- metodi estrapolativi, utilizzano i dati di vendite passate degli stessi prodotti per valutare la domanda futura;
- metodi correlativi, mettono in relazione dati diversi e apparentemente scollegati alla domanda di un dato prodotto;
- metodi a campionario, i dati sono ricavati attraverso delle interviste;

oppure in base al periodo di tempo che interessano:

- a lungo termine (da 3 a 10 anni), sono usati per la progettazione di nuovi impianti di produzione;
- a medio termine (da 1 a 3 anni);
- a breve termine (da 1 a 12 mesi), sono usati per la previsione delle scorte.

Trattandosi di uno studio volto alla sola riorganizzazione della linea e non alla progettazione in toto di un nuovo impianto di produzione, le metodologie utilizzate saranno quelle estrapolative e a breve termine, in particolare verranno implementate la proiezione della parte simmetrica e lo smorzamento esponenziale.

3.1 Recupero dei dati sensibili

Per ricavare i dati delle vendite degli anni 2008, 2009 e 2010 è stato sufficiente studiare la contabilità dell'azienda.

A differenza delle grandi realtà industriali, in quelle medio-piccole la produzione può subire grossi cambiamenti in tempi relativamente brevi infatti, anche in questo caso, ci siamo trovati di fronte ad una lista di fabbricatori diversa anno per anno.

Ciò è dovuto alla continua innovazione che contraddistingue questa tipologia di prodotti e alla ricerca di una sempre maggiore efficienza.

Oltre a tutto ciò c'è da tenere conto della marcata crisi internazionale che produce i suoi effetti anche nelle vendite delle macchine per il ghiaccio.

Qui di seguito sono esposti i dati di vendita degli anni suddetti divisi per mese.

Anno 2008

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KV 24 W	81	46	99	94	139	158	203	38	28	34	36	4	960
KP 22 W	5	27	18	59	48	40	71	11	9	10	32	17	347
KP 22 A	11	13	57	50	48	70	35	2	28	11	7	3	335
KV 24 A	23	1	7	62	65	68	31	1	21	9	27	6	321
KP 50 A	5	3	31	69	57	14	16	3	57	27	8	5	294
KV 45 W		1	70	65	33	43	41	6	5	1		20	285
KP 21 W	3	18	17	36	30	23	20	4	7	13	14	9	194
KP 25 W	10	18	17	30	19	14	34	4	16	9	14	4	189
KV 45 A			15		31	48	59		15		1	20	189
KP 44 A	3	4	36	13	46	16	15	2	21	10	2	11	179
KP 30 A	10	13	12	15	36	14	19	1	31	7	1	14	173
KP 25 A	3	3	9	41	9	31	30		3	12		2	143
SP 50 W		10	7	12	4	20	18		10		22	9	112
KP 30 W	5	11	7	14	25	7	16		8	7	8	3	111
KP 44 W	7	3	9	9	28	10	18	4	5	4	8	3	108
SP 50 A	1	14	2	17		11	29		8	2	20		104
KP 100 A	8	4	23	23	8	5	8		2	5	2	7	95
KP 75-80 A	15	2	6	8	10	2	10	1	9	10		7	80
KP 28 A		8	11	1	22	9			5	12	11		79
KP 28 W	3	5	8	8	11	4	9	3	2	5	2	4	64

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KP 21 A	1	5	1	8	6	7	10	3	2	1	12	4	60
KP 50 W	4	3	4	4	10	10	7		5	4	5	3	59
SP 45 A	10	6	2	2	6	13	9		1	7	3		59
KP 160 A	7	4	5	4	6	5	6		2	3	2	2	46
KP 130-140 A	4	3	6	4	3	5	5		1	1	4	2	38
SP 75-80 W		5		6	4	7	6		1	2	1	6	38
SP 34 W		3		2		12	9		5		3	3	37
SP 34 A	5	3	1	2		5	10		1	4	3		34
KP 100 W		2	2	3	5	5	7	2		4	1	1	32
KP 75-80 W		1	3	4	5	4	7		1	2	1		28
KV 34 W		3	2	8	9	1				1		4	28
SP 75-80 A	10	1		6		2	1		1	2			23
KV 28 W	1	6	5	10			1						23
KS 270 A	1		4	4	4	2	1		1	1	1	3	22
SP 45 W		4		2	1	7				1	1	1	17
KV 35 W						5	9	2	3				17
SP 30 A		6		2		2	5		1				16
SP 130 A	6	2	2	2					1	2		1	16
KP 300 A		1	5	1	5		1					2	15
KP 150-175 A	1		2	1	2	1	2			1	4		14
SP 30 W		4	1	3		2	3					1	14
KP 130-140 W				2	1	1	1		2	1		1	9
KS 270 W	1	1		1		3			1	2			9
KS 550 A		1	1	2			1		1	1	2		9
KP 150-175 W					4		1	2					7
KV 35 A							2		4			1	7
KS 550 W		1	1	1		1	2			1			7
SP 130 W				1	2		1		1		1		6
KP 160 W					1	2	1		1				5
KP 300 W				1				1		1			3
SP 150 W							2						2
SP 300 A			2										2
KV 28 A		2											2
KV 34 A		1				1							2
SP 150 A							1						1
TOTALI	244	272	510	711	743	710	793	89	325	230	259	183	5069

Anno 2009

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KP 22 W	16	21	26	45	70	77	38	10	25	62	18	5	413
KV 24 W	47	60	42	15	6	22	40	3	12	6	9		262
KP 25 W	16	14	24	28	31	37	40	7	15	31	13	5	251
KP 22 A	5	10	11	20	24	32	24	20	7	17	13	4	187
KP 30 W	12	4	16	22	13	40	14	4	6	22	5	8	166
KP 21 W	14	9	12	17	24	32	33	6	5	1	5	1	159
KP 50 A	14	26	13	6	15	25	7	22	10	2	14	5	159
KP 30 A	7	7	7	7	17	35	20	1	3	5	15	8	132
SP 50 W	7	2	12	2	6	14	34	2	16	9	7	17	128
KP 44 A	4	6	11	7	20	21	12	1	5	5	6	4	102
KP 28 W	6	2	10	7	20	8	15	3	8	3	2	5	89
SP 50 A		3	15	3	3	6	20		16	2	3	18	89
KP 25 A	4	1	15	4	13	6	9	1	6	2	8	10	79
KP 75-80 A	5	11	7	2	14	7	10	14	3	1			74
KP 50 W		5	4	6	10	18	8	4	5	4	5	4	73
KP 28 A	5	1	4	3	13	18	1		2	1	20	2	70
KP 100 A	3	3	8	8	13	9	10	7	3	2	4		70
KP 44 W	2	6	5	8	10	11	7	7	2	6	1	3	68
KP 21 A	1	12	2	5	7	12	7	13	1		3		63
KP 160 A	2	8	4	4	9	4	2	24	1		1	1	60
SP 45 A	8		6	12	2	2	13		2			6	51
KP 21 ECO A	1		1	3	16	13	6	1	1		2		44
SP 34 A		6	11	3	3	8	9		2		1		43
KP 21 ECO A					11	10	7		4	2	1	1	36
KV 45 A	18		7		3	4				4			36
KV 45 W	20		1			5	3	1	1	1	2	1	35
KP 2.0 W								4		9	9	10	32
KP 100 W	3		1	5	7	2	4	1	3	3		2	31
KP 130-140 A	2	9	2	2	1	1	2	7	3	2			31
SP 75-80 A	2	4	1	2	1	6	2		10			3	31
KP 75-80 W	4		1	4		5	7	2	4	1	1		26

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KV 35 W		1	3	2		2	10	1	2		1	4	26
SP 45 W	1			1	1	7	7	1	2	2	1	2	25
SP 34 W	2	1	5			5	5		1	1	3		23
KS 550 A		1	3	1	2	6	3	1	2			1	20
KV 35 A		2	4	1	3	2	1			2			15
KS 270 W		1		1	3		4		2	1	1	1	14
KP 160 W		1		4	3	3			1		1		13
KP 300 A		1	1		2	1	3	4		1			13
KS 270 A				1		2	3		1	4	1	1	13
KP 2.5 W									4	3	1	2	10
KV 28 W			3	1		1	3		1				9
SP 30 A			2			2	1		1	2			8
SP 30 W	1	1	1			1	2				2		8
KS 550 W				3				2		3			8
KP 150-175 W	2			1			2		1	1			7
KV 34 W	2	1		2		1		1					7
KP 130-140 W					1	3	1					1	6
KP 150-175 A	1				4								5
SP 130 A				1			1			1		2	5
SP 130 W		1				2	1					1	5
KP 2.5 A								1		1	2		4
KQ 350 A										2	1		3
KP 2.0 A									1		1		2
SP 300 W									1			1	2
KV 28 A			2										2
KV 34 A		1									1		2
KP 300 W										1			1
SP 100 A								1					1
SP 100 W											1		1
SP 150 A				1									1
SP 300 A										1			1
KS 1000 W							1						1
TOTALI	239	242	308	276	401	535	461	179	201	234	195	140	3411

Anno 2010

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KP 2.0 A	44	46	52	61	43	65	66	6	46	30	5	84	548
KP 2.0 W	12	12	39	72	97	86	88	17	44	18	23	34	542
KP 2.5 W	7	8	21	55	41	33	52	7	31	9	16	11	291
KP 3.0 W	2	1	12	34	21	42	29	5	21	8	12	12	199
KP 50 A	16	10	13	5	37	16	27	6	15	4	9	21	179
KP 160 A	17		1		43	7	41	10	28	2	16	9	174
KP 100 A	15	6	5	2	35	11	18	19	9	1	6	33	160
KP 2.5 A	2	6	10	6	13	11	13	3	22	4	8	51	149
KP 3.0 A	4	3	8	9	21	16	17	2	16	4	2	31	133
SP 50 W	6	4	13		8	33	23		8	8	11	16	130
KP 130-140 A	1	1	3	2	30		31	3	33	1	5	5	115
KV 24 W	5	7	23	10	27	29	4						105
KP 44 W	6	2	8	9	10	13	11	4	17	5	6	7	98
KP 50 W	5		9	9	16	10	13	4	12	8	6	5	97
KP 44 A		1	11	11	10	9	19		11	3		20	95
KP 75-80 A	9		9	2	14	11	7	3	8	2	1	8	74
SP 50 A		3	9	3	5	22	19				3	5	69
KP 28 W	1	1	3	13	4	8	19			1	4		54
KP 21 ECO W	1		1	2			9	16	12	1	6	4	52
KP 28 A		1	8		16	11	2		2	1	1	6	48
KV 35 W	1		4	4	9	6	7	13	1	1			46
SP 45 A		2	5	5		9	6	2	2	2		7	40
SP 75-80 W	1	2	4		2	8	7		2	1	2	10	39
KP 100 W	3		2	5	5	8	3	2	3	2	2		35
SP 3.2 W	2		9		1	1			3	2	3	14	35
KS 80 W					6	6	5	4	3	5	5		34
KP 300 A	7		1	1	8	3		1	1	2	2	5	31
KV 45 W	2	1	3	2	3	6	5	5	1	2			30
KP 75-80 A		1	1	1	5	6	5	1	4	2			27
SP 45 W	1		3			5			1		1	15	27
KP 21 ECO A	2		2		3			16		2	1		26

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KP 30 A	6	3	4	4	2			3				3	25
KV 45 A	2		1	4	9		2	5		1	1		25
KV 24 A	2		1	3	9	7	1						23
KP 21 W	6	2	4	6	2		2						22
KP 30 W	3	2	4		4	2	2		1	1	2		21
KS 80 A					3	5	3		2	3	3		19
KS 270 A	4		2	1	3	3	1		1	1	1	2	19
SP 2.5-2.7 A		2	5				1					10	18
SP 75-80 A				2		9	5				2		18
KS 550 A	1	1	1	4	1	4	2		1	2	1		18
SP 3.2 A		1	5			3	7				1		17
KS 120 A					15	1			3	7		5	17
SP 34 W	3		4		1	2			3	2			15
SP 34 A		2	2	1	3	3				3			14
KS 270 W		1	1	1		2	1	1	1	1	4	1	14
KP 160 W			3	2	2	1	2		1	1	1		13
KP 150-175 A	2		1		2		3				1	2	11
KS 120 W					4	2		2	1		1	1	11
KS 550 W		1	2	2	2				1	1	1		10
KP 130-140 W			2		2	1	2		1	1			9
SP 100 W						3	2		1			2	8
KQ 350 A		5		2							1		8
KP 21 A	6											1	7
KP 22 A	3	1	1		2								7
SP 130 A	1		3			1	2						7
KQ 200 A				1	1			1	1	2	1		7
SP 2.5-2.7 W			5		1								6
KP 25 A	2		1		1							1	5
SP 100 A					1	2	2						5
SP 150 W		1	2									1	4
KV 28 W				2	2								4
KP 150-175 W		1			1		1						3
SP 30 W		1	1									1	3
SP 130 W							1					2	3

Prodotto	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
KQ 90 A								1				1	2
KQ 90 W								1				1	2
KP 22 W		1											1
SP 150 A												1	1
SP 300 A							1						1
KV 28 A		1											1
KV 34 A							1						1
KS 1000 A				1									1
KS 1000 W								1					1
TOTALI	219	144	348	360	613	544	591	169	374	145	177	448	4132

3.2 Analisi dei dati raccolti

Innanzitutto c'è da dire che alcuni modelli, nel corso di questi tre anni di analisi, sono stati sostituiti con altri; inoltre vi sono alcuni prodotti che sono stati creati appositamente per certi clienti come, ad esempio, tutta la categoria “ECO”.

In figura 3.1 viene illustrato il processo di aggiornamento subito dai modelli suscritti.

VERSIONE 2009	VERSIONE 2010	VERSIONE 2011	VERSIONI SP 2009-2010	VERSIONI SP 2011
KP 21/5 ECO	-	KP 2.0 ECO	-	-
KP 22/5	KP 2.0	KP 2.0	-	-
KP 25/6	KP 2.5	KP 2.5	-	SP 2.5
KP 28/7	KP 28/7	-	SP 30/6	-
KP 30/10	KP 3.0	KP 3.0	SP 34/10	SP 3.2
KP 44/15	KP 44/15	KP 37/15	SP 40/16	SP 37/15
		KP 45/15		SP 45/15
KP 50/26	KP 50/26	KP 50/25	SP 45/25	SP 50/25
KP 75/40	KP 75/40	KP 80/40	SP 75/40	SP 60/40
		KP 80/40		SP 80/40
KP 100/60	KP 100/60	KP 100/60	SP 100/60	SP 100/60
KP 130/75	KP 130/75	KP 115/75	-	-
		KP 140/75		
KP 160/75	KP 160/75	KP 175/75	SP 130/75	SP 130/75
KP 150	KP 150	KP 175	SP 150	SP 150
KP 300	KP 300	KP 300	SP 300	SP 300
KV 24/6	KV 24/6	KV 24/6	-	-
KV 35/12	KV 35/12	KV 35/12		
KV 45/14	KV 45/14	KV 45/14		
KS 80/20	KS 80/15	KS 80/15		
KS 120/30	KS 120/25	KS 120/25		
KS 270	KS 270	KS 270		
KS 550	KS 550	KS 550		
KS 1000	KS 1000	KS 1000		
-	KQ 90/35	KQ 90/35		
-	KQ 200	KQ 200		
-	KQ 350	KQ 350		

Figura 3.1: Aggiornamenti dei modelli tra gli anni 2009-2010.

Per effettuare una più semplice e più intuitiva analisi dei dati si è deciso di prendere i 10 modelli più venduti del 2010 e studiarne la loro storia inoltre, utilizzando tali dati, si è coperto più del 60% della domanda di quest'ultimo anno.

Tali modelli sono:

Modello	Vendite 2008	Vendite 2009	Vendite 2010
KP 2.0 A	335	189	548
KP 2.0 W	347	445	542
KP 2.5 W	189	261	291
KP 3.0 W	111	166	199
KP 50 A	294	159	179
KP 160 A	46	60	174
KP 100 A	95	70	160
KP 2.5 A	143	83	149
KP 3.0 A	173	132	133
SP 50 W	112	128	130

Naturalmente negli anni 2008 e 2009 si sono sommate le vendite dei modelli a catalogo 2010 con gli omologhi degli anni precedenti.

3.3 Previsioni

Come primo passo si è deciso di affrontare la previsione della domanda per l'anno 2011 di tutti i modelli così da avere una panoramica generale della situazione; per fare ciò è stato utilizzato l'algoritmo del singolo smorzamento esponenziale. Successivamente si è deciso di focalizzare l'attenzione sui 10 modelli di fabbricatore più commercializzati durante il 2010 e, attraverso la proiezione della parte simmetrica, sono state previste le loro vendite.

3.3.1 Singolo smorzamento esponenziale

Lo smorzamento esponenziale livella i valori delle serie temporali della domanda storica assegnando un peso differente ai dati di ciascun periodo e, di conseguenza, opera come una media pesata. Per poter utilizzare tale metodo bisogna innanzitutto detrendizzare e destagionalizzare i dati raccolti: così facendo ciò che resta della domanda sarà composta solamente dalla componente casuale e di congiuntura. Una volta calcolata la previsione, le componenti di trend e di stagionalità dovranno essere reinserite.

Detta D_t la previsione della domanda che si vuole ricavare, essa vale:

$$D_t = \alpha \cdot d_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot D_{t-1},$$

dove α ($0 < \alpha < 1$) è un fattore correttivo che sarà tanto più vicino a 0 quanto più l'oscillazione della domanda è stabile, mentre sarà tanto più vicino a 1 quando più la domanda è dinamica. Nel nostro caso, vista la marcata stagionalità del prodotto, si è deciso di porre $\alpha = 0,75$.

D_{t-1} è il valore della domanda prevista per il periodo precedente, mentre d_{t-1} è il valore della domanda effettiva del periodo precedente.

Il trend è la tendenza che ha la domanda durante l'anno. In questo caso sono stati presi i dati di vendita degli anni 2008, 2009 e 2010 e sono stati calcolati i trend tra il primo e secondo anno e tra il secondo e il terzo, utilizzando le domande medie dei vari periodi. Dette \overline{V}_1 , \overline{V}_2 e \overline{V}_3 le vendite medie per ogni anno, i due trend saranno:

$$T_1 = \frac{\overline{V}_2 - \overline{V}_1}{V_1} \text{ e } T_2 = \frac{\overline{V}_3 - \overline{V}_2}{V_2}.$$

La stagionalità serve per compensare le oscillazioni subite dalle vendite (e che caratterizzeranno anche la domanda futura) all'interno di ogni singolo anno e sono specifiche per ogni mese. Il fattore di stagionalità si calcola utilizzando le vendite del mese corrente V_t , le vendite detrendizzate dello stesso mese ma dell'anno precedente $V_{t'}^{detrend}$ e le vendite medie dello stesso anno $\overline{V}_{t'}$; esso vale:

$$fs_t = \frac{\frac{V_t + V_{t'}^{detrend}}{2}}{\overline{V}_{t'}}.$$

Questo metodo è stato utilizzato per ricavare la domanda del mercato per i fabbricatori di ghiaccio dell'anno 2011. Il risultato è stato poi utilizzato come punto di partenza per lo studio e il dimensionamento della linea di assemblaggio senza però tralasciare altre proposte di investimento.

Di seguito sono riportate le tabelle riguardanti le vendite di tutti i modelli raggruppate per mese e messe in relazione di anno in anno.

Naturalmente per il primo anno sono stati semplicemente riportati i dati di vendita in quanto, non essendoci dati precedenti, non è stato possibile calcolare il trend e il fattore di stagionalità.

Anno	Mese	Vendite
2008	Gennaio	244
	Febbraio	272
	Marzo	510
	Aprile	711
	Maggio	743
	Giugno	710
	Luglio	793
	Agosto	89
	Settembre	325
	Ottobre	230
	Novembre	259
	Dicembre	183
Totale		5069
Media		422,42

Per l'anno 2009 è stato possibile ricavare sia trend che fattore di stagionalità per ogni mese e quindi sono anche state calcolate le previsioni per i vari periodi.

Da come si può notare l'algoritmo del singolo smorzamento esponenziale è molto efficace, infatti le vendite totali effettive e previste sono simili.

Anno	Mese	Vendite effettive	Vendite detrend	fs	Vendite destag	Previsione
2009	Gennaio	239	355,17	0,71	500,79	239
	Febbraio	242	359,63	0,75	481,02	252
	Marzo	308	457,71	1,15	399,59	375
	Aprile	276	410,16	1,33	309,07	376
	Maggio	401	595,92	1,58	376,01	359
	Giugno	535	795,05	1,78	446,29	439
	Luglio	461	685,08	1,75	391,57	502
	Agosto	179	266,01	0,42	633,03	113
	Settembre	201	298,7	0,74	404,61	286
	Ottobre	294	436,91	0,79	553,47	238
	Novembre	135	200,62	0,54	368,76	193
	Dicembre	140	208,05	0,46	449,48	127
Totale		3411				3499
Media		284,25				Errore 2,5%

Il trend tra l'anno 2008 e 2009 vale:

$$T_{08-09} = \frac{284,25-422,42}{422,42} = -0,33 = -33\%.$$

Allo stesso modo vengono riportati i dati relativi al 2010.

Anno	Mese	Vendite effettive	Vendite detrend	fs	Vendite destag	Previsione
2010	Gennaio	219	180,79	0,74	244,83	393
	Febbraio	144	118,87	0,63	187,27	226
	Marzo	384	287,28	1,05	274,35	271
	Aprile	360	297,18	1,01	294,75	317
	Maggio	613	506,04	1,6	317,17	553
	Giugno	544	449,08	1,73	259,43	649
	Luglio	591	487,88	1,67	292,3	550
	Agosto	169	139,51	0,56	249,01	195
	Settembre	374	308,74	0,9	344,33	281
	Ottobre	145	119,7	0,73	164,49	285
	Novembre	177	146,11	0,49	295,49	122
	Dicembre	448	369,83	0,9	412,39	296
Totale		4132				4138
Media		344,33				Errore 0,1%

Il trend tra l'anno 2009 e 2010 vale:

$$T_{09-10} = \frac{344,33-284,25}{284,25} = 0,21 = 21\%.$$

Per la previsione del 2011, non avendo i valori delle vendite effettive, è stata calcolata la domanda per Gennaio e poi è stata posta costante per tutto l'anno:

$$D_{01/10} = \alpha \cdot d_{12/09} + (1 - \alpha) \cdot D_{12/09}.$$

Così facendo è stato possibile ricavare il fattore di stagionalità mensile e conseguentemente, differenziare le previsioni. Successivamente è stato tenuto conto di due diversi trend: uno pari alla media tra il primo e il secondo trend e l'altro pari solamente al secondo, così da limitare gli effetti che la crisi internazionale ha avuto su tale mercato. Quindi:

$$T_1 = \frac{T_{08-09} + T_{09-10}}{2} \text{ e } T_2 = T_{09-10}.$$

Anno	Mese	Domanda detrend e destag	fs	Previsione $T_1 = -6\%$	Previsione $T_2 = 21\%$
2010	Gennaio	377,45	0,87	308	396
	Febbraio	377,45	0,76	269	346
	Marzo	377,45	1,05	375	482
	Aprile	377,45	1,07	381	489
	Maggio	377,45	1,44	512	658
	Giugno	377,45	1,34	476	612
	Luglio	377,45	1,41	500	643
	Agosto	377,45	0,79	283	363
	Settembre	377,45	1,09	388	499
	Ottobre	377,45	0,76	269	346
	Novembre	377,45	0,81	286	368
	Dicembre	377,45	1,2	426	548
			Totale	4473	5750
			Media	372,75	479,17

I trend tra l'anno 2010 e 2011 valgono:

$$T_{10-11} = \frac{372,75-344,33}{344,33} = 0,083 = 8,3\%$$

oppure

$$T_{10-11} = \frac{479,17-344,33}{344,33} = 0,392 = 39,2\%.$$

I risultati ottenuti sono stati usati come punto di partenza per lo studio della linea di assemblaggio. Naturalmente, dovendo adattare una situazione esistente sarà difficile ottenere quantità di produzione esattamente uguali a quelle sopra indicate. Ciò che si andrà a valutare saranno varie proposte che abbracciano le soluzioni appena calcolate.

3.3.2 Proiezione della parte simmetrica

Tale metodo sfrutta la conoscenza delle vendite passate di un prodotto per stimare quelle future; esso ipotizza che la domanda tenda a crescere (o decrescere) in modo costante al trascorrere del tempo.

Dati n valori delle vendite x_i appartenenti agli y_i mesi al passati, con $i \in [0, n]$, la proiezione della parte simmetrica si basa sull'individuazione dell'equazione che interpola al meglio i punti del grafico che mette in relazione le vendite con il tempo. L'equazione interpolatrice vale:

$$Y_c = a + b \cdot (x - \bar{x}),$$

con x mensilità della quale si vuole conoscere la previsione.

Per fare ciò si utilizza il metodo dei minimi quadrati, cioè lo scarto quadratico medio

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2$$

deve essere il più piccolo possibile.

Detto $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ e $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$, si può dire che:

$$a = \bar{y} \text{ e } b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Preso ad esempio il modello KP 2.0 A e calcolato

$$\bar{y} = a = 29,97 \simeq 30 \text{ e } \bar{x} = 18,5 ,$$

si costruisce la seguente tabella:

Anno	Mese	x_i	Vendite (y_i)	$(x_i - \bar{x})$	$(y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})^2$
2008	Gennaio	1	11	-17,5	-19	332,5	306,25
	Febbraio	2	13	-16,5	-17	280,5	272,25
	Marzo	3	57	-15,5	27	-418,5	240,25
	Aprile	4	50	-14,5	20	-290	210,25
	Maggio	5	48	-13,5	18	-243	182,25
	Giugno	6	70	-12,5	40	-500	156,25
	Luglio	7	35	-11,5	5	-57,5	132,25
	Agosto	8	2	-10,5	-28	294	110,25
	Settembre	9	28	-9,5	-2	19	90,25
	Ottobre	10	11	-8,5	-19	161,5	72,25
	Novembre	11	7	-7,5	-23	172,5	56,25
	Dicembre	12	3	-6,5	-27	175,5	42,25
2009	Gennaio	13	5	-5,5	-25	137,5	30,25
	Febbraio	14	10	-4,5	-20	90	20,25
	Marzo	15	11	-3,5	-19	66,5	12,25
	Aprile	16	20	-2,5	-10	25	6,25
	Maggio	17	24	-1,5	-6	9	2,25
	Giugno	18	32	-0,5	2	-1	0,25
	Luglio	19	24	0,5	-6	-3	0,25
	Agosto	20	20	1,5	-10	-15	2,25
	Settembre	21	8	2,5	-22	-55	6,25
	Ottobre	22	17	3,5	-13	-45,5	12,25
	Novembre	23	14	4,5	-16	-72	20,25
	Dicembre	24	4	5,5	-26	-143	30,25
2010	Gennaio	25	47	6,5	17	110,5	42,25
	Febbraio	26	47	7,5	17	127,5	56,25
	Marzo	27	53	8,5	23	195,5	72,25
	Aprile	28	61	9,5	31	294,5	90,25
	Maggio	29	45	10,5	15	157,5	110,25
	Giugno	30	65	11,5	35	402,5	132,25
	Luglio	31	66	12,5	36	450	156,25
	Agosto	32	6	13,5	-24	-324	182,25
	Settembre	33	46	14,5	16	232	210,25
	Ottobre	34	30	15,5	0	0	240,25
	Novembre	35	5	16,5	-25	-412,5	272,25
	Dicembre	36	84	17,5	54	945	306,25

Da tale tabella si ricava $b = 0,54$ che servirà per il calcolo effettivo delle varie previsioni:

Anno	Mese	x	Previsione
2 0 1 1	Gennaio	37	40
	Febbraio	38	41
	Marzo	39	41
	Aprile	40	42
	Maggio	41	42
	Giugno	42	43
	Luglio	43	43
	Agosto	44	44
	Settembre	45	44
	Ottobre	46	45
	Novembre	47	45
	Dicembre	48	46
Totale			516

Allo stesso modo si possono calcolare le previsioni per gli altri 9 prodotti; per una maggiore chiarezza e comprensione, di seguito saranno riportate solamente le tabelle riepilogative.

Anno	Mese	KP 2.0 W	KP 2.5 W	KP 3.0 W	KP 50 A	KP 160 A	KP 100 A	KP 2.5 A	KP 3.0 A	SP 50 W
2 0 1 1	Gennaio	47	25	19	10	15	12	12	12	12
	Febbraio	48	25	20	9	15	12	12	12	13
	Marzo	49	26	20	9	16	13	12	12	13
	Aprile	49	26	20	9	16	13	12	12	13
	Maggio	50	26	21	8	17	13	12	12	13
	Giugno	50	26	21	8	17	13	12	12	13
	Luglio	51	27	21	7	17	13	13	12	13
	Agosto	51	27	21	7	18	13	13	12	13
	Settembre	52	27	22	6	18	14	13	12	13
	Ottobre	52	27	22	6	18	14	13	12	14
	Novembre	53	28	22	6	19	14	13	12	14
	Dicembre	54	28	23	5	19	14	13	11	14
Totali		606	318	252	90	205	158	150	143	158

In figura 3.2 sono riportati sottoforma di grafico le tendenze dei risultati ottenuti: in ascissa si trovano gli anni esaminati, mentre in ordinata la domanda mensile.

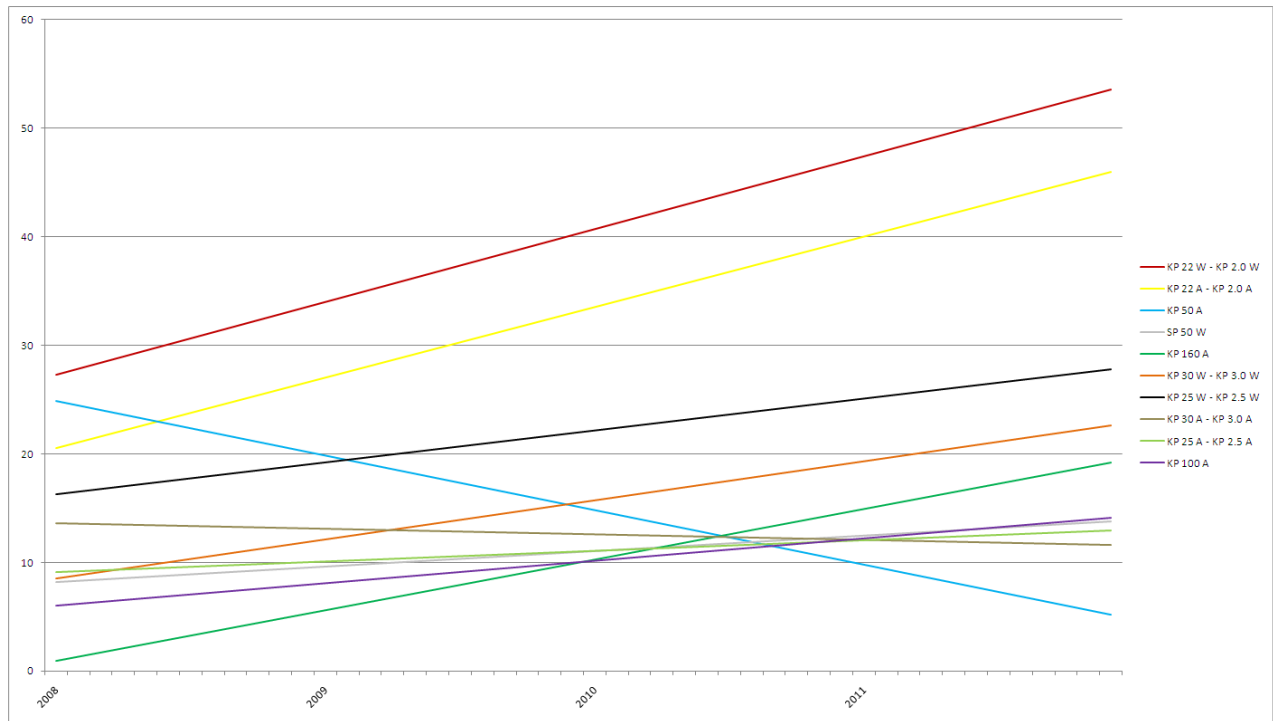


Figura 3.2: Tendenze delle vendite tra il 2008 e il 2011.

Da come si può notare, la maggior parte dei prodotti è in una fase di crescita, o maturazione, mentre ve ne sono due che possiedono un trend negativo e quindi sarà consigliabile abbandonare tali modelli a favore di altri. In particolare è stato calcolato che i fabbricatori KP 50 A e KP 3.0 A posseggono un coefficiente angolare b negativo ($b = -0,42$ e $b = -0,05$ rispettivamente); ciò porterà ad un calo continuo della domanda, fino ad un completo azzeramento (che per il fabbricatore KP 50 A è prevista per la fine del 2012).

La tabella precedente evidenzia l'andamento della domanda di ogni prodotto; per ricavare più un dettaglio la richiesta mensile, in base anche alla stagionalità che contraddistingue tale mercato, sarà sufficiente moltiplicare ogni valore per il corrispettivo fattore di stagionalità ricavato in precedenza per la previsione generale. Così facendo è stato possibile compilare la seguente tabella.

Anno	Mese	KP 2.0 A	KP 2.0 W	KP 2.5 W	KP 3.0 W	KP 50 A	KP 160 A	KP 100 A	KP 2.5 A	KP 3.0 A	SP 50 W
2011	Gennaio	35	41	22	16	9	13	10	10	10	10
	Febbraio	31	36	19	15	7	11	9	9	9	10
	Marzo	43	52	27	21	9	17	14	13	13	14
	Aprile	45	52	28	21	10	17	14	13	13	14
	Maggio	60	72	37	30	12	24	19	17	17	19
	Giugno	58	67	35	28	11	23	17	16	16	17
	Luglio	60	72	38	30	10	24	18	18	17	18
	Agosto	35	40	21	17	6	14	10	10	10	10
	Settembre	48	57	29	24	7	20	15	14	13	14
	Ottobre	34	39	20	17	5	14	11	10	9	11
	Novembre	36	43	23	18	5	15	11	10	10	11
	Dicembre	55	65	34	28	6	23	17	16	13	17

Capitolo 4

Situazione attuale

Kastel s.r.l. basa la sua produzione su una linea mixed-model dove, senza dover eseguire costose operazioni di set-up, è possibile effettuare modifiche del mix di modelli in lavorazione. Tale sistema garantisce all'azienda un più facile adattamento alle fluttuazioni della domanda del mercato senza la necessità di dover disporre di costose scorte di prodotti finiti.

4.1 La linea di assemblaggio

Tutti i tipi di fabbricatori costruiti all'interno dell'azienda seguono una stessa linea di assemblaggio in quanto le tipologie di operazioni svolte sono simili. Ciò che cambia da modello a modello sono le dimensioni o la potenza delle parti installate o il sistema di raffreddamento. La linea attuale è composta da 7 stazioni gestite da 5 operai più un reparto dedicato alla preparazione degli assiemi gestito da una sesta persona.

Le operazioni svolte in linea sono:

1. saldatura della mandata e del ritorno dell'evaporatore, montaggio del condensatore;
2. montaggio del pannello elettrico, idroelettrico e della scocca;
3. montaggio dell'evaporatore, del mantello e dello sportello;
4. creazione del vuoto e carica del gas refrigerante;
5. test elettrico;



Figura 4.1: Vista della linea di assemblaggio.

6. collaudo;
7. montaggio dei pannelli, delle cappottine e imballo.

Su alcuni modelli le stazioni si riducono a 6 in quanto il montaggio degli assiemi, quello dell'evaporatore e del mantello sono accorpate, mentre altri modelli, come i fabbricatori di ghiaccio granulare KS, sono fatti al di fuori dalla linea.

4.1.1 Fabbricatore KP

Il fabbricatore di cubetti pieni KP è di gran lunga il prodotto più commercializzato, con 3187 unità prodotte nel 2010.

Questo tipo di fabbricatore viene costruito in 12 varianti, ognuna delle quali può avere il raffreddamento ad acqua (W) o ad aria (A). Esse si differenziano per la produzione giornaliera di ghiaccio: si va da un minimo di 20 Kg al giorno, ideale per il posizionamento nel retrobanco dei bar, fino a 160 Kg al giorno, richiesto soprattutto dai locali notturni e dalle discoteche.

A parte i tre modelli più piccoli (2.0, 2.5 e 3.0), che percorrono solamente sei stazioni, il resto della gamma viene costruita in sette stazioni e, naturalmente, ogni tipologia di fabbricatore ha diversi tempi di lavorazione. Nella seguente tabella sono indicati i diversi tempi, espressi in minuti, che ogni fabbricatore ha all'interno delle varie stazioni di assemblaggio.



Figura 4.2: Fabbricatore KP 2.0.

KP	Attività 1	Attività 2	Attività 3	Attività 4	Attività 5	Attività 6	Attività 7	Totale
2.0 A	10,1	20,3	-	5,5	2,8	11,6	9,8	60,1
2.0 W	13,3	21,9	-	5,5	2,8	11,6	9,8	64,9
2.5 A	10,1	20,3	-	5,5	2,8	11,6	9,8	60,1
2.5 W	13,3	21,9	-	5,5	2,8	11,6	9,8	64,9
3.0 A	10,1	20,3	-	5,5	2,8	11,6	9,8	60,1
3.0 W	13,3	21,9	-	5,5	2,8	11,6	9,8	64,9
ECO A	10	20,6	5,4	7,6	2,8	11,6	13	71
ECO W	10	22,5	5,4	7,6	2,8	11,6	13	72,9
28-30 A	11,5	21	5,4	7,6	2,8	11,6	14	73,9
28-30 W	11,5	27	5,4	7,6	2,8	11,6	14	79,9
44 A	11,2	17,5	5,4	7,6	3,4	11,3	15	71,4
44 W	10,9	22,7	5,4	7,6	3,4	11,3	15	76,3
50 A	11,2	17,5	5,4	7,6	3,4	11,3	15	71,4
50 W	10,2	22,7	5,4	7,6	3,4	11,3	15	76,3
75 A	14,8	24,3	5,8	9	3,4	15,1	16	88,4
75 W	14,7	27,4	5,8	9	3,4	15,1	16	91,4
100 A	17,5	24,1	5,8	9	3,4	15,1	16	90,9
100 W	15,7	28,1	5,8	9	3,4	15,1	16	93,1
130 A	19,2	26,6	6,8	9	3,4	18,8	18	101,8
130 W	17,7	31,9	6,8	9	3,4	18,8	18	105,6
150 A	21,3	48,9	11,8	6	7,5	25	19	139,5
150 W	21,3	48,9	11,8	6	7,5	25	19	139,5
160 A	16,9	26,6	6,8	9	3,4	18,8	18	99,5
160 W	16	34,8	6,8	9	3,4	18,8	18	106,8

4.1.2 Fabbricatore SP

Il fabbricatore SP non è altro che un fabbricatore di cubetti pieni come il KP, ma con dimensioni doppie del cubetto, detto “Jumbo”. Questa linea è, infatti, pensata solo per il mercato spagnolo dove è richiesta una diversa dimensione del cubetto (da 17g a 34g).



Figura 4.3: Differenze tra cubetto Standard e Jumbo.

Come si può notare dalla tabella dei tempi seguente, le operazioni che caratterizzano l’assemblaggio di questo modello non sono molto diverse da quelle

del KP.

SP	Attività 1	Attività 2	Attività 3	Attività 4	Attività 5	Attività 6	Attività 7	Totale
2.7 A	10,1	20,3	-	5,5	2,8	10,8	9,8	59,3
2.7 W	13,3	21,9	-	5,5	2,8	10,8	9,8	64,1
3.2 A	10,1	20,3	-	5,5	2,8	10,8	9,8	59,3
3.2 W	13,3	21,9	-	5,5	2,8	10,8	9,8	64,1
40 A	11,2	17,5	5,4	7,6	3,4	11,3	15	71,4
40 W	10,9	22,7	5,4	7,6	3,4	11,3	15	76,3
44 A	11,2	17,5	5,4	7,6	3,4	11,3	15	71,4
44 W	10,9	22,7	5,4	7,6	3,4	11,3	15	76,3
75 A	14,8	24,3	5,8	9	3,4	15,1	16	88,4
75 W	14,7	27,4	5,8	9	3,4	15,1	16	91,4
130 A	16,9	26,6	6,8	9	3,4	18,8	18	99,5
130 W	16	34,8	6,8	9	3,4	18,8	18	106,8
150 A	21,3	48,9	11,8	6	7,5	25	19	139,5
150 W	21,3	48,9	11,8	6	7,5	25	19	139,5

4.1.3 Fabbricatore KV

Il fabbricatore KV produce cubetti vuoti da 20 grammi e ha tempi di assemblaggio completamente diversi dai suoi cugini a cubetto pieno.

KV	Attività 1	Attività 2	Attività 3	Attività 4	Attività 5	Attività 6	Attività 7	Totale
24 A	16,2	24,9	6,7	9,5	2,6	18,5	14,4	92,8
24 W	16,2	22,8	6,7	9,5	2,6	18,5	14,4	90,7
35-45 A	15	24,9	7,6	11	2,6	18,5	12	91,6
35-45 W	13,8	22,8	7,6	11	2,6	18,5	12	88,3

4.2 Come si lavora

Kastel, al giorno d'oggi, basa la sua produzione sulle commesse, cioè non prevede la costituzione di scorte se non in rari casi. Tutto questo, associato all'alta variabilità stagionale, obbliga la direzione a richiedere ore di lavoro straordinarie e riduzione delle ferie nel periodo estivo. Per contro, durante il periodo invernale, la riduzione della domanda permette il recupero del periodo di ferie ai dipendenti; durante questi mesi, quindi, la linea lavora con soli 4 operai.

Per il calcolo del tempo ciclo è stata utilizzata la sola produzione eseguita in linea che è di 3674 pezzi (pari all'89% dell'intera produzione), questo perchè i restanti prodotti vengono assemblati al di fuori della linea e non è stato possibile risalire ai tempi delle operazioni. Tenendo conto della produzione nei canonici 220 giorni lavorativi l'anno, risulta che, in media, ogni giorno sono state prodotte tra le 16 e le 17 macchine; più precisamente:

$$Q = \frac{3674}{220} = 16,7 \frac{pz}{giorno}.$$

Considerando che le ore lavorative di un operaio sono 8 con due pause da 15 minuti l'una, il tempo effettivo di produzione giornaliera è di 7,5 ore e ciò porta ad una cadenza di linea di:

$$T_c = \frac{7,5 \cdot 60}{16,7} \simeq 27 \text{ min.}$$

Nella seguente tabella sono riportate le suddivisioni delle varie attività per ogni operaio con il relativo tempo calcolato come media su tutti i modelli prodotti.

	Operaio 1	Operaio 2	Operaio 3	Operaio 4	Operaio 5	Operaio 6
Attività	1	2	3 - 4	5 - 6	7	Assiemi
Tempi [min]	14,04	25,97	5,15 - 7,6	3,51 - 14,93	14,4	23,8

Naturalmente non tutte le attività impiegano interamente il tempo ciclo e, nei minuti liberi, ad ogni operaio è assegnata una parte di preparazione degli assiemi che in un secondo momento dovranno essere montati nelle macchine. Nei periodi dove la domanda è maggiore tutte o parte di queste attività viene commissionata a ditte esterne, così da poter impiegare ogni operatore totalmente nell'assemblaggio in linea.

Quindi, nei periodi dove la domanda è normale, ad ogni operaio sono assegnate le seguenti mansioni:

	Attività in linea	[min]	Attività fuori linea	[min]	Totale tempi	Occupazione
Operaio 1	1	[14,04]	Assieme basamenti	[3,81]	23,45	86,9%
			Assieme scocche piccole	[5,6]		
Operaio 2	2	[25,97]	-	-	25,97	96,2%
Operaio 3	3	[5,15]	Assieme ritorno	[12,04]	25,83	95,7%
	4	[7,6]	Assieme sportello	[1,04]		
Operaio 4	5	[3,51]	Raccordo di scarico	[0,6]	23,6	87,4%
	6	[14,93]	Pannello idroelettrico	[3,37]		
			Dotazioni varie	[1,19]		
Operaio 5	7	[14,4]	Assieme mantello	[7,24]	22,67	84%
			Assieme cappotto	[1,03]		
Operaio 6	-	-	Assieme pompa acqua	[2,33]	23,8	88,1%
			Assieme scocche	[15,92]		
			Assieme mandata	[5,55]		
					Totale	51,7%

Capitolo 5

Studio dell'alternativa

Questa tesi vuole non tanto trovare un “rimedio” esatto alla situazione attuale, non è nella sua natura imporre un'unica strada da seguire, ciò che si prefigge è la semplice analisi e proposta di altri tipi di organizzazione che potranno più o meno rispecchiare i desideri della direzione aziendale.

Nei paragrafi che seguiranno sarà presentato lo studio della linea divisa in tre tipologie principali:

1. riorganizzazione della situazione attuale attraverso la ridistribuzione del carico di lavoro;
2. studio della produzione nel caso di delega a fornitori esterni sull'assemblaggio della maglietta degli assieme;
3. massima ottimizzazione della linea attraverso anche l'acquisto di macchine premontate all'esterno.

5.1 Prodotto fittizio

Il problema che si pone ora è quello di ridimensionare la linea di assemblaggio: non essendo una linea monoprodotto, è stato necessario creare un prodotto fittizio che mediasse, il più fedelmente possibile, la variabilità del mix proposto dall'azienda. Per fare ciò si è presa in considerazione la produzione dell'ultimo anno e, utilizzando la tabella dei tempi di ogni operazione, è stata calcolata la media dei tempi per ogni attività. Perchè l'approssimazione dal caso multiprodotto a quello monoprodotto sia il più possibile aderente alla realtà, la media dei tempi è stata ponderata rispetto alle quantità prodotte per ogni singolo modello. Presi ad esempio due modelli M_1 e M_2 , prodotti in quantità diverse (Q_1 e Q_2) e con tempi ($t_{j,1}$ e $t_{j,2}$) diversi per ogni stazione j , il modello approssimato M avrà:

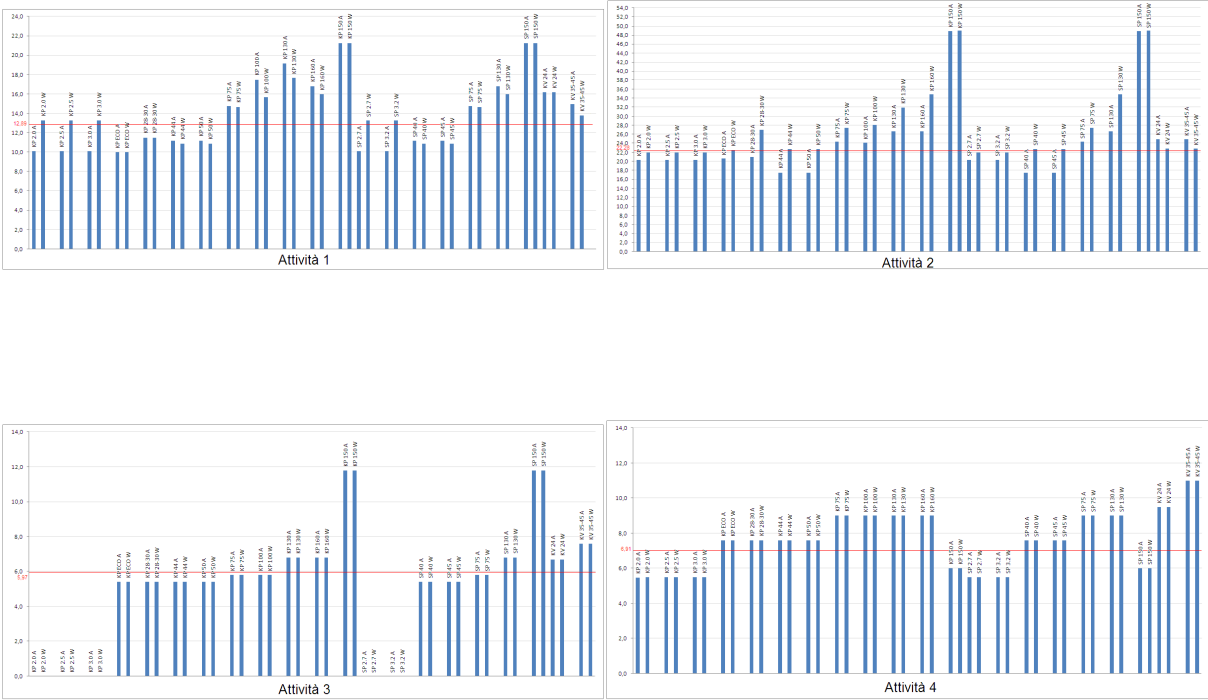
$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ e } t_j = \frac{t_{j,1} \cdot Q_1 + t_{j,2} \cdot Q_2}{Q_1 + Q_2}.$$

Applicando tali relazioni alle tabelle dei paragrafi 3.1 e 4.1, sono stati ricavati i seguenti tempi di lavorazione per ogni stazione:

Attività 1	Attività 2	Attività 3	Attività 4	Attività 5	Attività 6	Attività 7	Totale
12,89	22,28	5,97	6,91	3,01	13,05	12,43	68,3

Per il calcolo del prodotto fittizio è stata utilizzata, come prima, la sola produzione eseguita in linea che è di 3674 pezzi. Ciò non toglie che tale approssimazione sia accettabile, infatti ciò che è stato valutato è l'89% dell'intera produzione e l'inserimento del restante 11% non influirebbe in modo significativo nei tempi del prodotto fittizio e nei calcoli che ad essi seguiranno.

I grafici seguenti mostrano come i tempi calcolati del prodotto fittizio siano molto vicini a quelli dei modelli assemblati in quantità maggiore. Essi sono divisi per tipologia di fabbricatore e per attività.



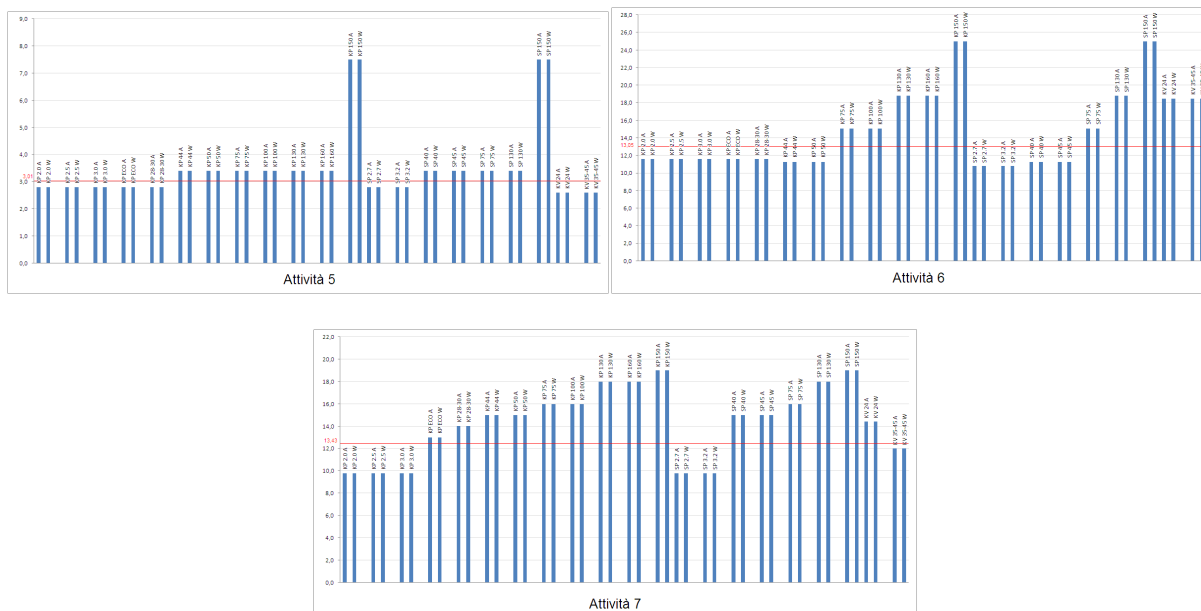


Figura 5.1: Grafici dei tempi per ogni attività.

5.2 Dimensionamento della linea

Nelle linee a montaggio manuale a cadenza non imposta non esiste il costo di mancato completamento infatti, quando si dimensionano tali linee non si deve tenere conto che tale spesa sopraggiunga (cosa che affligge le linee a cadenza imposta). L'obiettivo del dimensionamento è saturare ogni stazione nel tempo ciclo, cioè bisognerà fare in modo che ogni operaio abbia il tempo totale di esecuzione delle varie attività minore, o ancor meglio uguale, al tempo ciclo della linea.

Una delle problematiche delle linee a cadenza non imposta è la possibilità della formazione di code all'ingresso delle stazioni se l'operaio eccede il tempo ciclo.

Dato il tempo ciclo T_C e i tempi delle varie attività M_k , il numero minimo delle stazioni vale:

$$K = \left[\frac{\sum M_k}{T_c} \right].$$

Per l'assegnazione delle attività ad ogni stazione si utilizzano due parametri indicativi:

$$E_j = \left\lceil \frac{t_{j+} + \sum_h t_h}{T_c} \right\rceil \text{ e } L_j = K + 1 - \left\lceil \frac{t_{j+} + \sum_{h'} t_{h'}}{T_c} \right\rceil;$$

dove

t_j	è il tempo dell'attività j ;
t_h	sono i tempi delle attività che precedono l'attività j ;
$t_{h'}$	sono i tempi delle attività che seguono l'attività j ;

- E_j è la prima stazione alla quale può essere assegnata l'attività j ;
- L_j è l'ultima stazione alla quale può essere assegnata l'attività j .

Questo metodo verrà utilizzato per dare un'idea di massima delle disposizioni delle varie attività all'interno delle stazioni.

5.3 Prima proposta

La prima proposta è stata studiata per minimizzare il numero di stazioni (e quindi di operai) cercando di mantenere una produzione vicina a quella originale.

Poniamo di unire le ultime due attività: la stazione che le raggruppa avrà un tempo di esecuzione di 25,48 minuti. A questo punto supponiamo un tempo ciclo di 25,5 minuti che implica una produzione in linea di:

$$Q_{day} = \frac{7,5 \cdot 60}{25,5} = 17,64 \frac{pz}{giorno};$$

$$Q = 17,64 \cdot 220 = 3882 \frac{pz}{anno}.$$

Utilizzando l'algoritmo descritto precedentemente risulta:

$$K = \left\lceil \frac{\sum M_k}{T_c} \right\rceil = \left\lceil \frac{12,89+22,28+5,97+6,91+3,01+25,48}{25,5} \right\rceil = 4.$$

Attività	1	2	3	4	5	6	7
E_j	1	1	2	2	3	3	3
L_j	1	2	3	3	3	4	4

Quindi una disposizione possibile è quella rappresentata in figura 5.2.

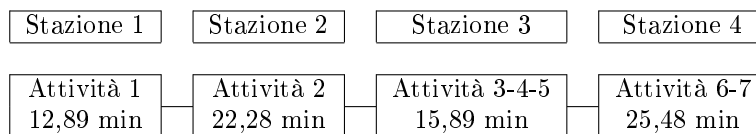


Figura 5.2: Prima proposta.

Con semplici calcoli è facile ricavare la percentuale di occupazione delle diverse stazioni al netto degli eventuali assenti:

Stazione	1	2	3	4
Occupazione	50,1%	87,8%	62,3%	99,9%

A questo punto è possibile distribuire il carico di lavoro derivante dalla preparazione degli assiemi agli operai più scarichi in modo da saturare il loro tempo. Per fare ciò è stata presa la lista dei vari assiemi con i relativi tempi ed è stata stilata la seguente tabella.

	Attività in linea	[min]	Attività fuori linea	[min]	Totale tempi	Occupazione
Operaio 1	1	[12,89]	Assieme basamenti	[3,81]	24,54	96,2%
			Assieme mantello	[7,24]		
			Raccordo di scarico	[0,6]		
Operaio 2	2	[22,28]	Assieme pompa acqua	[2,33]	24,61	96,5%
Operaio 3	3	[5,97]	Assieme mandata	[5,55]	24,81	97,3%
	4	[6,91]	Pannello idroelettrico	[3,37]		
	5	[3,01]				
Operaio 4	6	[13,05]	-	-	25,48	99,9%
	7	[12,43]				
Operaio 5	-	-	Assieme sportello	[1,04]	24,78	97,2%
			Assieme cappotto	[1,03]		
			Dotazioni varie	[1,19]		
			Assieme scocche	[15,92]		
			Assieme scocche piccole	[5,6]		
					Totale	87,7%

Come si può notare resta fuori l'assieme ritorno che potrebbe essere delegato ad una ditta esterna.

Ora poniamo l'attenzione sul seguente ragionamento: nel 2010 sono state assemblate in linea 3674 macchine, alle quali deve essere sommato un 12,5% di fabbricatori prodotti fuori linea. Se poniamo questa percentuale fissa di modelli prodotti fuori linea rispetto a quelli prodotti in linea e la applichiamo ai dati appena calcolati, risulta che:

$$Q_{tot} = Q + 12,5\% = Q \cdot (1 + 0,125) = 4367 \frac{pz}{anno}.$$

La produzione annuale totale è cresciuta rispetto a quella del 2010 del 5,7% ma resta comunque al di sotto di quella prevista per il 2011 di 4473 macchine.

Ciò non toglie che con una semplice riorganizzazione delle attività, l'utilizzo di un operatore in meno e la delega a terzi di un solo assieme, il rendimento dell'intera catena di montaggio sia passata da poco più del 50% a superare l'87%.

5.4 Seconda proposta

La seconda proposta è stata studiata per massimizzare la produzione annua delegando il più possibile a ditte terze l'assemblaggio degli assiemi. Osservando i tempi delle varie attività si può notare che il collo di bottiglia è rappresentato dall'attività 2, quindi si può pensare di sdoppiarla. Così facendo la stazione che conterrà tali attività avrà una cadenza pari alla metà di quella della singola operazione, ma un numero doppio di operai.

Ponendo come obiettivo il raggiungimento di una produzione di 6000 pezzi all'anno, cioè maggiore di quella massima prevista, si ricava che:

$$Q_{day} = \frac{6000}{220} = 27,3 \frac{pz}{giorno};$$

$$T_c = \frac{60 \cdot 7,5}{27,3} = 16,5 \text{ min.}$$

Il numero minimo di stazioni vale:

$$K = 5.$$

La disposizione delle varie attività risulta:

Attività	1	2	3	4	5	6	7
E_j	1	2	3	3	4	4	4
L_j	1	2	3	3	4	4	5

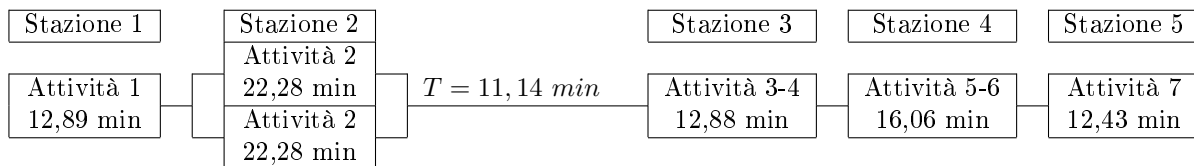


Figura 5.3: Seconda proposta.

La percentuale di occupazione delle diverse stazioni vale:

Stazione	1	2	3	4	5
Occupazione	78,1%	67,5%	78,1%	97,3%	75,3%

In questo caso la produzione di linea annuale è stata incrementata del 63,3% rispetto al 2010 pur mantenendo a sei il numero degli addetti. Ciò che bisognerà valutare sarà il ritorno dell'investimento fatto (payback period) per sdoppiare l'attività 2.

Allo stesso modo della precedente proposta, si è poi passati all'assegnazione del montaggio degli assiemi agli operai più scarichi.

	Attività in linea [min]		Attività fuori linea [min]		Totale tempi	Occupazione
Operaio 1	1	[12,89]	Assieme pompa acqua	[2,33]	16,25	98,5%
			Assieme cappotto	[1,03]		
Operaio 2	2	[22,28]	Pannello idroelettrico	[3,37]	16,39	99,3%
			Assieme mantello	[7,24]		
Operaio 3	2	[22,28]	Assieme basamenti	[3,81]	16,23	98,4%
			Assieme sportello	[1,04]		
			Assieme scocche piccole	[5,6]		
Operaio 4	3	[5,97]	Dotazioni varie	[1,19]	14,67	88,9%
	4	[6,91]	Raccordo di scarico	[0,6]		
Operaio 5	5	[3,01]	-	-	16,06	97,3%
	6	[13,05]				
Operaio 6	7	[12,43]	-	-	12,43	75,3%
					Totale	62,7%

In questo caso il rendimento complessivo è molto inferiore rispetto alla prima proposta, ma comunque superiore a quello del 2010; ciò è dovuto al fatto che le rimanenti attività di premontaggio degli assiemi avrebbero fatto allungare il tempo ciclo e quindi si è deciso di delegarle a ditte esterne. Il tempo “perso” dagli operai 4 e 6 (1,83 e 4,07 minuti rispettivamente) può essere impiegato per la spedizione ed il ricevimento proprio degli assiemi eseguiti da terzi.

Attraverso lo stesso ragionamento fatto prima si è calcolato che la produzione totale dei fabbricatori di ghiaccio si aggira intorno alle 6750 unità.

5.4.1 Alternativamente...

Questa alternativa non è altro che la rivalutazione della seconda proposta nel caso non si voglia intraprendere l'investimento per raddoppiare l'attività più lenta. In questo caso il tempo ciclo è dettato proprio da questa operazione: poniamo, quindi, $T_c = 22,5 \text{ min}$.

In questo caso si ha:

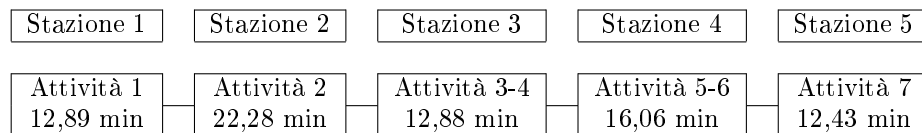


Figura 5.4: Alternativa.

La percentuale di occupazione delle diverse stazioni vale:

Stazione	1	2	3	4	5
Occupazione	57,7%	99%	57,2%	71,4%	55,2%

Quest'organizzazione della linea porta a una produzione di:

$$Q_{day} = \frac{7,5 \cdot 60}{22,5} = 20 \frac{pz}{giorno};$$

$$Q = 20 \cdot 220 = 4400 \frac{pz}{anno}.$$

Con questa soluzione la quantità di assiemi acquistati all'esterno è nettamente inferiore, infatti ciò che dovrà essere commissionato a terzi sono gli assiemi che impiegano più tempo, cioè l'assieme ritorno e la scocca.

	Attività in linea [min]		Attività fuori linea [min]		Totale tempi	Occupazione
Operaio 1	1	[12,89]	Assieme sportello	[1,04]	22,2	98,7%
			Assieme mantello	[7,24]		
			Assieme cappotto	[1,03]		
Operaio 2	2	[22,28]	-	-	22,28	99%
Operaio 3	3	[5,97]	Assieme mandata	[5,55]	22,24	98,8%
	4	[6,91]	Assieme basamenti	[3,81]		
Operaio 4	5	[3,01]	Pannello idroelettrico	[3,37]	21,76	96,7%
	6	[13,05]	Assieme pompa acqua	[2,33]		
Operaio 5	7	[12,43]	Raccordo di scarico	[0,6]	19,82	88,1%
			Dotazioni varie	[1,19]		
			Assieme scocca piccola	[5,6]		
					Totale	82,2%

In questo modo la percentuale di occupazione totale è aumentata considerevolmente a discapito della quantità di macchine prodotta: tale organizzazione del lavoro comporta un quantitativo annuo di macchine prodotte sia in linea, sia fuori, di circa 4950 unità.

5.5 Terza proposta

La terza proposta è stata suggerita proprio dalla Kastel che ha portato alla luce l'interesse per una soluzione ancor più particolare. La domanda che è stata posta è la seguente:

“E se aumentassimo la produzione anche attraverso l'acquisto di semilavorati dall'esterno mantenendo qui il collaudo e l'imballo?”.

Così facendo è come se si moltiplicassero le prime due operazioni in modo tale che il loro tempo ciclo sia praticamente nullo. Dunque il collo di bottiglia è rappresentato proprio dall'operazione di collaudo e, successivamente, dall'imballo.

Per ovviare a ciò si può pensare di sdoppiare le ultime tre operazioni così da dimezzare il tempo ciclo; in questo modo si ottiene lo schema seguente.

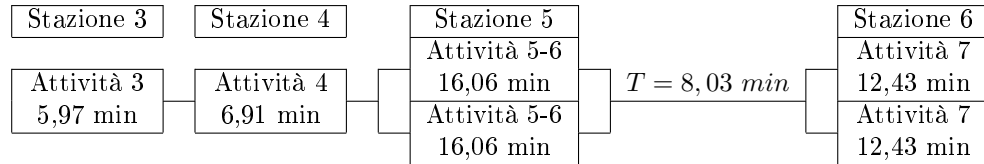


Figura 5.5: Terza proposta.

La percentuale di occupazione delle diverse stazioni vale:

Stazione	3	4	5	6
Occupazione	70,2%	81,3%	94,9%	73,1%

Questa configurazione permette un tempo ciclo di 8,5 minuti il quale porta ad avere:

$$Q_{day} = \frac{7,5 \cdot 60}{8,5} = 52,9 \frac{pz}{giorno};$$

$$Q = 52,9 \cdot 220 = 11647 \frac{pz}{anno};$$

$$Q_{tot} = 11647 + 12,5\% = 13102 \frac{pz}{anno}.$$

Il numero di operai in linea resta comunque contenuto a 8, due dei quali vengono riservati alle stazioni 1 e 2. Con questi tempi è impensabile riuscire ad assemblare tutti gli assiemi con gli stessi operai, per questo ciò che si è utilizzato per saturare la linea sono gli assiemi che richiedono meno lavoro, mentre i rimanenti dovranno essere acquistati dall'esterno.

	Attività in linea	[min]	Attività fuori linea	[min]	Totale tempi	Occupazione
Operaio 3	3	[5,97]	Assieme pompa acqua	[2,33]	8,3	97,6%
			Assieme mantello	[7,24]		
			Assieme cappotto	[1,03]		
Operaio 4	4	[6,91]	Assieme sportello	[1,04]	7,95	93,5%
Operaio 5	5	[3,01]	Raccordo di scarico	[0,6]	16,66	96%
	6	[13,05]				
Operaio 6	5	[3,01]	-	-	16,06	88,9%
	6	[13,05]				
Operaio 7	7	[12,43]	Assieme basamenti	[3,81]	16,24	95,6%
Operaio 8	7	[12,43]	Pannello idroelettrico	[3,37]	16,83	99%
			Dotazioni varie	[1,03]		
					Totale	73,7%

Come si può notare, saturando gli operai con delle opportune attività di preparazione degli assiemi, si riesce a mantenere un'efficienza alta e a compiere un significativo numero di compiti altrimenti svolti da aziende esterne. Alcuni assiemi dovranno, però, essere comunque acquistati in quanto richiederebbero ulteriori stazioni e conseguentemente degli operatori dedicati.

Capitolo 6

Conclusione

Le linee di assemblaggio sono l'ultimo anello di tutta la catena produttiva e possiedono un enorme valore aggiunto. Esse risultano un fattore strategico nella commercializzazione dei prodotti e, quindi, sono particolarmente soggette a continui studi e rivisitazioni in modo da ottimizzare al massimo l'assemblaggio.

Questa tesi ha fatto ampia luce sulle problematiche che affliggono la maggior parte delle piccole aziende che molto spesso investono i loro capitali sulla costituzione di una linea di assemblaggio poco o per niente studiata. Catene di montaggio organizzate più di 10 anni fa, quando il fenomeno Cina e una così pressante globalizzazione non era ancora presente, al giorno d'oggi non possono sopravvivere se non dopo un processo di rinnovamento a volte radicale. Molto spesso però, la situazione che si riscontra durante l'analisi delle linee non è totalmente negativa; infatti, come in questo caso la continua ricerca dell'ottimizzazione ha portato a dei livelli di rendimento accettabili, ma non ancora sufficienti.

Come si può notare dalle proposte fatte, una semplice riorganizzazione del carico di lavoro permette di aumentare considerevolmente il rendimento unitamente ad un leggero incremento della produzione, oppure portare la linea a capacità di 6000 unità annue con una crescita di efficienza minore.

Le proposte sviluppate in questa tesi sono state discusse assieme alla direzione e all'ufficio tecnico della Kastel i quali hanno constatato la loro validità e la possibilità di applicazione. Purtroppo, a causa della forte stagionalità che caratterizza il mercato dei fabbricatori di ghiaccio, nessuna delle proposte fatte potrà essere applicata in via assoluta: le conclusioni a cui si è giunto riguardano l'utilizzo combinato di tutte e tre, in base alla domanda che deve essere soddisfatta.

Infine, quindi, si è deciso di riorganizzare la linea secondo la prima proposta nel periodo dell'anno dove il mercato è più tranquillo, fino ad arrivare alla terza soluzione quando il mercato richiede una risposta molto più reattiva. L'alternativa della seconda proposta, invece verrà applicata quando la domanda risulta nella media. Questa versatilità delle soluzioni è dovuta principalmente al fatto che nessuna stravolge il layout attuale ma richiede delle semplici modifiche e ridistribuzioni dei compiti.

Bibliografia

- [1] Appunti del corso di “Impianti Meccanici” tenuto dal professor Alessandro Persona;
- [2] Dati forniti dall’ufficio contabilità delle vendite degli anni 2008, 2009 e 2010;
- [3] Dati forniti dall’ufficio tecnico sulle attività svolte e sulle distinte base dei prodotti.